



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
28.06.2000 Bulletin 2000/26

(51) Int Cl.7: **H04B 10/18, H04J 14/02**

(21) Numéro de dépôt: **99403120.1**

(22) Date de dépôt: **13.12.1999**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:
• **Bigo, Sébastien**
91120 Palaiseau (FR)
• **Bellotti, Giovanni**
43100 Parma (IT)

(30) Priorité: **21.12.1998 FR 9816109**

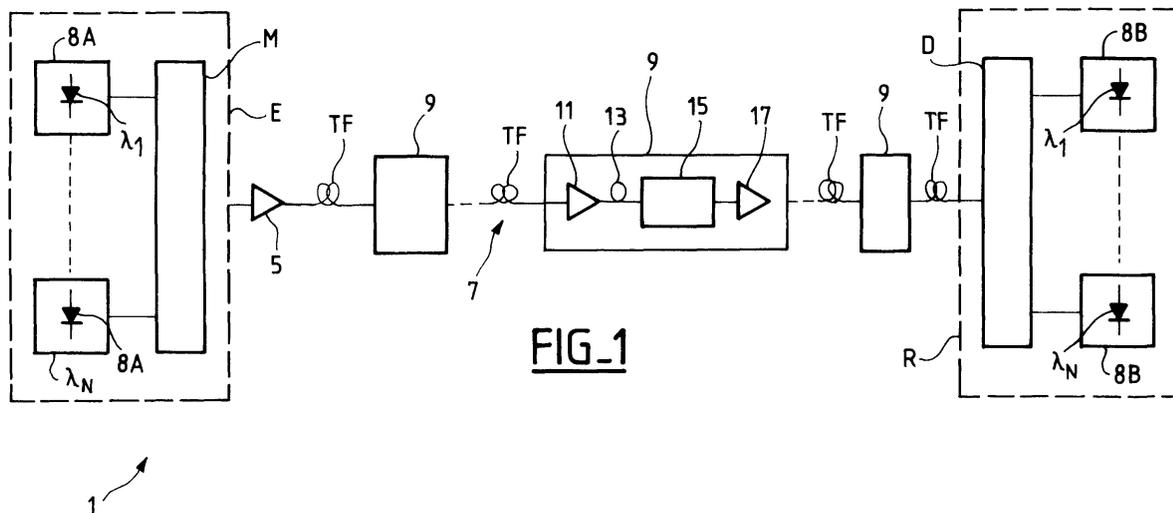
(74) Mandataire: **Croonenbroek, Thomas Jakob et al**
Compagnie Financière Alcatel
DPI,
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

(71) Demandeur: **ALCATEL**
75008 Paris (FR)

(54) **Procédé de réduction des distorsions d'intensité induites par la modulation de phase croisée dans un système de transmission à fibre optique à multiplexage de longueur d'onde**

(57) L'invention concerne un procédé de réduction de la distorsion d'intensité induite par la modulation de phase croisée dans un système (1) de transmission à fibre optique à multiplexage en longueur d'onde comprenant une ligne (7) de transmission formée de plusieurs tronçons (TF) de fibre optique avec un répéteur (9) interposé entre deux tronçons (TF) de fibre optique, le système de transmission (1) disposant de N canaux de longueurs d'onde différentes, N étant un nombre entier supérieur à l'unité. Au niveau de chaque répéteur

(9) reliant un premier et un second tronçons consécutifs (TF) de fibre, on introduit un décalage temporel entre les canaux de telle sorte que par rapport à l'entrée du premier tronçon de fibre optique, le (n+1)-ième et le n-ième canal sont décalés de τ_n à l'entrée du second tronçon (TF) de fibre, n étant un nombre entier inférieur ou égal à N, où τ_n est choisi supérieur à zéro et inférieur à une valeur supprimant la corrélation des contributions de distorsion d'intensité de chaque tronçon (TF) de fibre.



Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de réduction de la distorsion d'intensité induite par la modulation de phase croisée dans un système de transmission par fibre optique à multiplexage en longueur d'onde.

[0002] La maîtrise de la technologie de la transmission par fibre optique à multiplexage de longueurs d'onde optique (WDM pour "wavelength division multiplexing" en anglais) est un facteur important pour répondre aux besoins croissants de débits dans la transmission d'informations.

[0003] Le multiplexage en longueur d'onde, appelé WDM par la suite, consiste à combiner sur une même fibre plusieurs canaux modulés ayant chacun une longueur d'onde porteuse différente. Ainsi, le débit global d'une ligne de transmission est égal à la somme des débits des différents canaux.

[0004] Toutefois, le WDM est soumis à des limitations de la propagation. Ces limitations sont dues à des effets linéaires, comme la dispersion de vitesse de groupe (GVD pour "group velocity dispersion" en anglais), et à des effets non linéaires, comme l'automodulation de phase ou la modulation de phase croisée.

[0005] La présente invention a plus particulièrement trait à la réduction de l'effet de la modulation de phase croisée (XPM pour "cross phase modulation" en anglais) dans des systèmes de transmission par fibre optique à multiplexage en longueur d'onde.

[0006] La XPM est un effet multicanal dans lequel la modulation de phase d'un canal est induite par l'intensité du signal du ou des canaux voisins. Ce phénomène conduit donc à des distorsions de l'intensité du signal à transmettre au travers de la GVD et limite ainsi la puissance maximale qui peut être introduite dans une fibre optique de transmission.

[0007] Or, plus la puissance introduite dans une fibre optique de transmission peut être élevée, plus la distance entre répéteurs d'une ligne peut être élevée et plus la distance totale de transmission peut être élevée.

[0008] Pour réduire la XPM, on connaît de l'article de R.A. Saunders et al. intitulé "Compensation of cross phase modulation in 10 Gbit/s WDM systems by interfering channel prechirp", OFC'98, paper FC3, San Diego, CA, Février 1998, un procédé selon lequel la XPM est compensée en modulant le signal optique à transmettre au niveau de l'émetteur avec une phase opposée à celle induite par la XPM.

[0009] Cependant, cette solution n'est adaptée qu'à des fibres optiques présentant une dispersion très faible. De plus, ce procédé ne prend pas en compte l'interaction entre la dispersion chromatique et l'effet Kerr.

[0010] En outre, ce procédé est difficile à mettre en oeuvre, car il nécessite une parfaite connaissance de tous les canaux en ce qui concerne par exemple leurs puissances et formats de modulation.

[0011] La présente invention vise à pallier ces divers

inconvénients en proposant un procédé qui permette de réduire de manière efficace et simple la distorsion d'intensité induite par la modulation de phase croisée dans un système de transmission par fibre optique à multiplexage en longueur d'onde.

[0012] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de réduction de la distorsion d'intensité induite par la modulation de phase croisée dans un système de transmission à fibre optique à multiplexage en longueur d'onde comprenant une ligne de transmission formée de plusieurs tronçons de fibre optique avec un répéteur interposé entre deux tronçons de fibre optique, le système de transmission disposant de N canaux de longueurs d'onde différentes, N étant un nombre entier supérieur à l'unité, caractérisé en ce qu'au niveau de chaque répéteur reliant un premier et un second tronçons consécutifs de fibre, on introduit un décalage temporel entre les canaux de telle sorte que par rapport à l'entrée du premier tronçon de fibre optique, le (n+1)-ième et le n-ième canal sont décalés de τ_n à l'entrée du second tronçon de fibre, n étant un nombre entier inférieur ou égal à N, où τ_n est choisi supérieur à zéro et inférieur à une valeur supprimant la corrélation des contributions de distorsion d'intensité de chaque tronçon de fibre.

[0013] Le procédé selon l'invention peut comporter en outre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- pour tous les canaux $\tau_n = \tau$,
- le décalage temporel τ est inférieur à environ 600ps,
- le décalage temporel τ est choisi de manière à obtenir une interférence destructive entre les différentes contributions de distorsion des tronçons individuels (TF) de fibre optique,
- le décalage temporel τ est approximativement compris entre T/10 et 1,5*T, où T est la durée d'un bit,
- le décalage temporel τ est approximativement compris entre 5 et 200ps,
- il comprend en outre une étape de démultiplexage préalable à l'introduction des décalages temporels entre canaux et une étape de multiplexage réalisée après l'introduction des décalages temporels entre canaux.

[0014] L'invention a en outre pour objet une unité pour la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus, caractérisée en ce qu'elle comprend

un guide d'ondes optiques d'entrée pour des signaux optiques multiplexés en longueurs d'onde, un guide d'ondes optiques de sortie pour des signaux optiques multiplexés en longueurs d'onde, un circulateur optique comprenant un premier, un deuxième et un troisième ports dont le premier et le troisième ports sont respectivement reliés audit guide d'ondes optiques d'entrée et audit guide d'ondes optiques de sortie, et un troisième guide d'ondes optiques relié au second port et comprenant une fi-

bre présentant pour chacun des N canaux un réseau de Bragg associé pour renvoyer par réflexion les signaux optiques du canal associé vers le second port, la distance l_n entre le n-ième et le n+1-ième réseaux de Bragg étant choisie de manière à introduire un délai total τ_n entre le (n+1)-ième et le n-ième canal pour obtenir entre le (n+1)-ième et le n-ième canal un décalage temporel de τ_n à l'entrée du tronçon de fibre suivant ladite unité par rapport à l'entrée du tronçon de fibre optique précédent ladite unité, où τ_n est choisi supérieur à zéro et inférieur à une valeur supprimant la corrélation des contributions de distorsion d'intensité de chaque tronçon de fibre.

[0015] L'invention a en outre pour objet une unité pour la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus, caractérisée en ce qu'elle comprend

un guide d'ondes optiques d'entrée pour des signaux optiques multiplexés en longueurs d'onde, un démultiplexeur des signaux optiques multiplexés en longueurs d'onde en sortie dudit guide d'ondes optiques d'entrée en N canaux individuels, un multiplexeur des signaux optiques en sortie des N canaux individuels, la sortie du multiplexeur étant reliée à un guide d'ondes optiques de sortie, et en ce que

une ligne de retard est disposée dans chaque canal individuel associé, dont la longueur de chacune est choisie de manière à introduire un délai total τ_n entre le (n+1)-ième et le n-ième canal pour obtenir entre le (n+1)-ième et le n-ième canal un décalage temporel de τ_n à l'entrée du tronçon de fibre suivant ladite unité par rapport à l'entrée du tronçon de fibre optique précédent ladite unité, où τ_n est choisi supérieur à zéro et inférieur à une valeur supprimant la corrélation des contributions de distorsion d'intensité de chaque tronçon de fibre.

[0016] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple, sans caractère limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels ;

- La figure 1 montre un schéma synoptique d'un système de transmission de données mettant en oeuvre le procédé selon l'invention
- La figure 2 est un schéma synoptique d'une partie du module de répéteur de la figure 1,
- Les figures 3A, 3B, 3C et 3D représentent une suite de quatre schémas montrant le décalage temporel entre deux canaux n et n+1 à des emplacements différents du système de transmission pour illustrer le procédé selon l'invention,
- La figure 4 est un graphique montrant le résultat d'une simulation numérique d'un équipement mettant en oeuvre le procédé selon l'invention avec dix

tronçons de fibre SMF de 100km de longueur chacun,

- La figure 5 est un graphique montrant des résultats expérimentaux obtenus avec un montage expérimental mettant en oeuvre le procédé selon l'invention,
- Les figures 6A et 6B montrent des graphiques présentant respectivement une séquence de bits et un diagramme de l'oeil lorsque le décalage temporel entre les deux canaux est Ops,
- Les figures 7A et 7B montrent des graphiques présentant respectivement une séquence de bits et un diagramme de l'oeil lorsque le décalage temporel entre les deux canaux est de 100ps, et
- La figure 8 est une vue identique à celle de la figure 2 d'une variante d'un module de répéteur.

La figure 1 est un schéma synoptique d'un système 1 de transmission de données à fibre optique à multiplexage en longueur d'onde.

[0017] Ce système 1 comprend, disposés en ligne, un émetteur optique E de signaux optiques multiplexés en longueur d'onde, un premier amplificateur optique d'attaque 5, une ligne 7 de transmission à fibre optique des signaux optiques multiplexés et un récepteur optique R.

[0018] L'émetteur E comprend une pluralité de sources optiques 8A aptes à émettre des signaux optiques ayant des longueurs d'onde respectives $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n, \dots, \lambda_N$ (n étant un nombre entier compris entre 1 et N ; N étant un nombre naturel quelconque) définissant ainsi chacun un canal de transmission avec une porteuse de longueur d'onde associée, et un multiplexeur M pour introduire les signaux optiques dans la ligne 7 de transmission.

[0019] De manière symétrique, le récepteur optique R comprend un démultiplexeur D et une pluralité de détecteurs 8B aptes à recevoir les signaux optiques de longueurs d'onde respectives $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$.

[0020] La ligne 7 de transmission comprend K tronçons TF d'une fibre optique de transmission (K étant un nombre naturel). Chaque tronçon TF est par exemple formé par une fibre standard SMF (pour « standard single mode fiber » en anglais) ayant une dispersion typique de 17ps/nm.km, et possède par exemple une longueur de 100km environ.

[0021] Entre chaque tronçon TF est disposé un module 9 de répéteur comprenant en ligne un premier amplificateur optique 11 par exemple du type à fibre dopée Erbium EDFA (pour « Erbium Doped Fiber Amplifier en anglais), une portion de fibre compensatrice de dispersion DCF 13 (pour « dispersion compensated fiber » en anglais) afin de réduire la GVD, une unité 15 de réduction de la modulation de phase croisée XPM et un second amplificateur optique 17 qui peut également être du type à fibre dopée Erbium EDFA.

[0022] On se réfère maintenant à la figure 2 qui présente un schéma synoptique plus détaillé d'un premier mode de réalisation de l'unité 15.

[0023] Ainsi que l'on peut le voir sur cette figure 2, l'unité 15 comprend un démultiplexeur 19 à une entrée et N sorties, un ensemble de N lignes de fibre optique 21 en parallèle correspondant aux N canaux de transmission, et un multiplexeur 23 à N entrées et une sortie.

[0024] Chacune des lignes de fibre optique comporte une ligne 25 à retard optique introduisant entre les canaux un retard de telle sorte que le (n+1)-ième et le n-ième canal sont décalés de τ_n à l'entrée du tronçon TF de la fibre optique suivant l'unité 15 par rapport au tronçon TF de fibre précédent l'unité 15.

[0025] A titre d'exemple, on a représenté sur les figures 3A, 3B, 3C et 3D le décalage temporel de deux séquences de bits transmises respectivement sur le canal n et sur le canal n+1 à des emplacements différents du système 1 de transmission.

[0026] Ainsi que l'on voit sur la figure 3A, la séquence de bits sur le canal n est : 10111, et celle sur le canal n+1 : 00100. Pour mieux illustrer le principe de l'invention, les séquences de bits sont synchronisées à l'entrée du premier tronçon TF de fibre.

[0027] En sortie du premier tronçon TF de fibre, les deux séquences sont décalées temporellement du fait de la dispersion chromatique dans le tronçon de fibre. (voir figure 3B). Puis, dans le module répéteur 9, la portion de fibre DCF 13 réduit la dispersion entre les deux canaux n et n+1 à une valeur τ_n' .

[0028] Ensuite, en prenant en compte le décalage temporel des deux séquences à son entrée, l'unité 15 de réduction de la modulation de phase croisée XPM introduit un décalage supplémentaire τ_n'' entre les séquences, de sorte que par rapport à l'entrée du premier tronçon TF de fibre, les séquences des canaux n et n+1 sont décalées de τ_n à l'entrée du second tronçon TF de fibre optique, comme cela est montré sur la figure 3C.

[0029] Ainsi, chaque unité 15 disposée dans la ligne de transmission 7 introduit un décalage de sorte qu'à l'entrée du tronçon p, les deux séquences sont décalées de $(p-1) \cdot \tau_n$ par rapport à l'entrée du premier tronçon TF de fibre optique du système 1 de transmission. De cette manière, on prend en compte les contributions à la XPM de tous les tronçons TF de fibre.

[0030] Selon le procédé de l'invention, τ_n est choisi supérieur à zéro et inférieur à une valeur supprimant la corrélation des contributions de distorsion d'intensité des divers tronçons TF de fibre.

[0031] Avantageusement, on choisit pour tous les canaux $\tau_n = \tau$, avec τ supérieur à 5ps et inférieur à environ 600ps.

[0032] La XPM peut être réduite davantage si on choisit le décalage temporel τ de manière à obtenir une interférence destructive entre les différentes contributions de distorsion des tronçons TF de fibre optique. Dans ce cas, la XPM peut être réduite d'un facteur K^2 environ.

[0033] A cet effet, on fixe le décalage temporel τ de façon à ce qu'il soit approximativement compris entre $T/10$ et $1,5 \cdot T$, où T est la durée d'un bit.

[0034] Typiquement, on choisira le décalage temporel

τ entre 5 et 200ps.

[0035] La figure 4 présente un graphique montrant le résultat d'une simulation numérique d'un système de transmission tel que décrit en référence aux figures 1 et 2 avec dix tronçons de fibre SMF de 100km de longueur chacun. On y a représenté en abscisses le décalage temporel ou délai τ en ps entre deux canaux voisins et en ordonnées la puissance du bruit XPM en mA^2 .

[0036] La courbe 30 de cette figure 4 montre clairement que le bruit XPM peut être efficacement réduit pour un τ inférieur à 600ps, c'est-à-dire lorsqu'on maintient la corrélation entre les contributions des distorsions des tronçons TF individuels, et atteint un minimum s'il est compris entre 5 et 200ps.

[0037] L'efficacité de l'unité 15 de réduction de la modulation de phase croisée XPM est d'autant plus grande que l'effet de XPM sera important. Ceci est par exemple le cas dans les fibres du type NZDSF (pour "non zero dispersion shifted fiber" en anglais) présentant une dispersion de 2 à 3ps /nm.km, quel que soit le signe.

[0038] Le système de transmission 1 décrit en référence aux figures 1 et 2, a en outre été testé expérimentalement avec deux canaux de transmission de longueurs d'onde différentes. Dans la configuration expérimentale, afin de maximiser la XPM, d'une part, on a utilisé à la place de la fibre SMF, trois tronçons TF de fibre du type NZDSF de faible dispersion de 100km de longueur chacun, et d'autre part, on a ajouté un dispositif de contrôle de la polarisation dans un des deux canaux dans l'unité 15. La puissance d'entrée du canal détecté est de 2dBm et celle de l'autre canal de 8dBm.

[0039] De plus, les sources optiques 8A comprises dans l'émetteur E disposaient de générateurs de mots ayant respectivement leur propre horloge et des modulateurs indépendants.

[0040] Lors des expériences, on a déterminé la puissance du signal, en dBm, pour laquelle le taux d'erreur de bits devient supérieur à 10^{-10} .

[0041] Le résultat des expériences est présenté sur un graphique à la figure 5 montrant en abscisses le décalage temporel ou délai τ en ps entre les deux canaux et en ordonnées la pénalité de puissance en dB due à la XPM.

[0042] Comme on peut le constater sur la figure 5, le résultat expérimental confirme les résultats des simulations numériques. On y voit aussi clairement que la XPM peut efficacement être réduite en choisissant τ de préférence compris entre 5 et 200ps pour obtenir une interférence destructive entre les contributions à la XPM des différents tronçons TF de fibre. De plus, on voit que pour τ égal à environ 75ps, la puissance de bruit présente un minimum atteignant pratiquement la valeur de zéro dB. Cela signifie qu'en choisissant τ égal à une valeur correspondant à un maximum d'interférence destructive, le procédé selon l'invention permet d'éliminer pratiquement entièrement les distorsions dues à la XPM dans un système de transmission de données équipé d'unités 15 selon l'invention.

[0043] Les figures 6A, 6B ainsi que 7A et 7B montrent des résultats expérimentaux permettant une comparaison entre une configuration non corrigée pour la XPM dans laquelle τ est égale à zéro (figures 6A et 6B) et une configuration mettant en oeuvre le procédé selon l'invention dans laquelle τ est égal à 100ps. Pour ces deux configurations, les séquences de bits pour les deux canaux ont été générées par la même horloge.

[0044] Les figures 6A et 7A montrent des graphiques présentant une séquence de bits enregistrée pendant une dizaine de ns avec respectivement $\tau = 0$ ps et $\tau = 100$ ps.

[0045] En comparant ces deux figures 6A et 7A, on voit clairement que la séquence de bits de la figure 7A obtenu par le procédé selon l'invention est beaucoup moins affectée par des distorsions que celle de la figure 6A.

[0046] Les diagrammes de l'oeil 6B et 7B correspondant respectivement aux configurations expérimentales des figures 6A et 7A confirment l'analyse des ces dernières.

[0047] En effet, le diagramme de l'oeil correspondant à $\tau = 100$ ps (figure 7B) est bien plus net et ouvert que celui correspondant à $\tau = 0$ ps.

[0048] Sur la figure 8 est représenté un schéma synoptique d'une variante de l'unité 15 de réduction de la modulation de phase croisée XPM de la figure 2.

[0049] Cette unité 15 comprend un circulateur optique 40 à trois ports portant respectivement les références P1, P2 et P3. Le circulateur optique 40 est conçu pour transmettre un signal optique reçu sur son port P1 vers son port P2, et un signal reçu de son port P2 vers son port P3.

[0050] Les circulateurs optiques sont connus en soi dans la technique, et leur utilisation avec des fibres optiques est par exemple décrite dans l'article de Y. FUJI : « High isolation polarization-independant optical circulator coupled with single mode fibers », publié dans la revue américaine I.E.E.E. : « Journal of Lightwave Technology », vol. 9, 1991, p.456 à 460, ainsi que dans la publication « Proceedings of the 16th European Conference on Optical Communication », September 16-20, 1990, Amsterdam, p. 99 à 102, article de S. NISHI et K. NAKAGAWA « Highly efficient configuration of erbium doped fiber amplifier ».

[0051] Les ports P1 et P3 du circulateur 40 sont respectivement reliés à un premier et un second guides d'ondes optiques, à savoir une fibre optique d'entrée 42 et une fibre optique de sortie 44 de l'unité 15.

[0052] Un troisième guide d'onde optique 46 est relié au second port P2 du circulateur 40. Ce troisième guide d'onde 46 comprend une fibre 48 présentant pour chacun des N canaux un réseau R_n de Bragg associé. Ces réseaux de Bragg sont avantageusement directement photoinscrits sur la fibre 48.

[0053] On comprend donc que le signal optique émis dans le canal n de longueur d'onde λ_n arrive sur le port P1, est transmis vers le port P2, parcourt la fibre 48 jus-

qu'au réseau R_n , où il est réfléchi vers le circulateur 40, et est finalement transmis depuis le port P2 vers le port P3.

[0054] La distance l_n entre le n-ième R_n et le n+1-ième R_{n+1} réseaux de Bragg sur la fibre 48 est choisie de manière à introduire un délai total τ_n entre le (n+1)-ième et le n-ième canal pour obtenir un décalage ou retard de τ_n entre le (n+1)-ième et le n-ième canal à l'entrée du tronçon de fibre suivant l'unité 15 par rapport à l'entrée du tronçon de fibre précédent l'unité 15, où τ_n est choisi comme cela a été décrit en référence aux figures 2 et 3.

[0055] Selon une variante avantageuse non représentée, le module 9 est exempt de fibre compensatrice de dispersion DCF et c'est l'unité 15 qui assure à la fois la compensation de la dispersion et la réduction de la XPM.

[0056] Par ailleurs, on note que le procédé selon l'invention et l'unité pour la mise en oeuvre de celui-ci permettent en outre de réduire considérablement les interactions entre canaux dues à la diffusion Raman stimulée ou au mélange à quatre ondes FWM (pour « Four-Wave-Mixing » en anglais).

Revendications

1. Procédé de réduction de la distorsion d'intensité induite par la modulation de phase croisée dans un système (1) de transmission à fibre optique à multiplexage en longueur d'onde comprenant une ligne (7) de transmission formée de plusieurs tronçons (TF) de fibre optique avec un répéteur (9) interposé entre deux tronçons (TF) de fibre optique, le système de transmission (1) disposant de N canaux de longueurs d'onde différentes, N étant un nombre entier supérieur à l'unité, caractérisé en ce qu'au niveau de chaque répéteur (9) reliant un premier et un second tronçons de fibres consécutifs (TF), on introduit un décalage temporel entre les canaux de telle sorte que par rapport à l'entrée du premier tronçon de fibre optique, le (n+1)-ième et le n-ième canal sont décalés de τ_n à l'entrée du second tronçon (TF) de fibre, n étant un nombre entier inférieur ou égal à N, où τ_n est choisi supérieur à zéro et inférieur à une valeur supprimant la corrélation des contributions de distorsion d'intensité de chaque tronçon (TF) de fibre.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour tous les canaux $\tau_n = \tau$.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le décalage temporel τ est inférieur à environ 600ps.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que le décalage temporel τ est choisi de ma-

- nière à obtenir une interférence destructive entre les différentes contributions de distorsion des tronçons individuels (TF) de fibre optique.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le décalage temporel τ est approximativement compris entre $T/10$ et $1,5 \cdot T$, où T est la durée d'un bit. 5
6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que le décalage temporel τ est approximativement compris entre 5 et 200ps. 10
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que qu'il comprend en outre une étape de démultiplexage préalable à l'introduction des décalages temporels entre canaux et une étape de multiplexage réalisée après l'introduction des décalages temporels entre canaux. 15
8. Unité pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comprend 20
- un guide d'ondes optiques d'entrée (42) pour des signaux optiques multiplexés en longueurs d'onde, 25
 - un guide d'ondes optiques de sortie (44) pour des signaux optiques multiplexés en longueurs d'onde, 30
 - un circulateur optique (40) comprenant un premier (P1), un deuxième (P2) et un troisième (P3) ports dont le premier et le troisième ports (P1, P3) sont respectivement reliés audit guide d'ondes optiques d'entrée (42) et audit guide d'ondes optiques de sortie (44), et un troisième guide d'ondes optiques (46) relié au second port (P2) et comprenant une fibre (48) présentant pour chacun des N canaux un réseau de Bragg associé (R_n) pour renvoyer par réflexion les signaux optiques du canal associé vers le second port (P2), la distance l_n entre le n-ième et le n+1-ième réseaux de Bragg (R_n , R_{n+1}) étant choisie de manière à introduire un délai total τ_n entre le (n+1)-ième et le n-ième canal pour obtenir entre le (n+1)-ième et le n-ième canal un décalage temporel de τ_n à l'entrée du tronçon de fibre suivant ladite unité (15) par rapport à l'entrée du tronçon (TF) de fibre optique précédent ladite unité (15), où τ_n est choisi supérieur à zéro et inférieur à une valeur supprimant la corrélation des contributions de distorsion d'intensité de chaque tronçon (TF) de fibre. 35 40 45 50
9. Unité pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 6, caractérisée en ce qu'elle comprend 55
- un guide d'ondes optiques d'entrée pour des signaux optiques multiplexés en longueurs d'onde,
 - un démultiplexeur (19) des signaux optiques multiplexés en longueurs d'onde en sortie dudit guide d'ondes optiques d'entrée en N canaux individuels (21),
 - un multiplexeur (23) des signaux optiques en sortie des N canaux individuels, la sortie du multiplexeur étant reliée à un guide d'ondes optiques de sortie, et en ce que
 - une ligne de retard (25) est disposée dans chaque canal individuel associé, dont la longueur de chacune est choisie de manière à introduire un délai total τ_n entre le (n+1)-ième et le n-ième canal pour obtenir entre le (n+1)-ième et le n-ième canal un décalage temporel de τ_n à l'entrée du tronçon de fibre suivant ladite unité (15) par rapport à l'entrée du tronçon (TF) de fibre optique précédent ladite unité (15), où τ_n est choisi supérieur à zéro et inférieur à une valeur supprimant la corrélation des contributions de distorsion d'intensité de chaque tronçon (TF) de fibre.

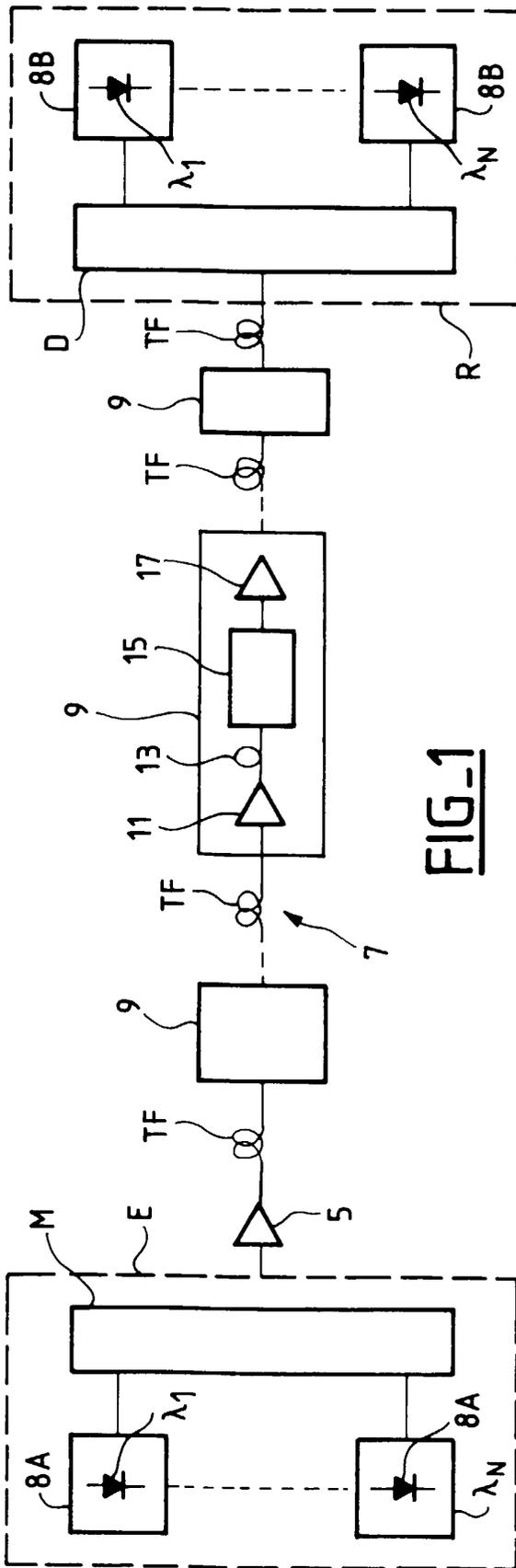


FIG-1

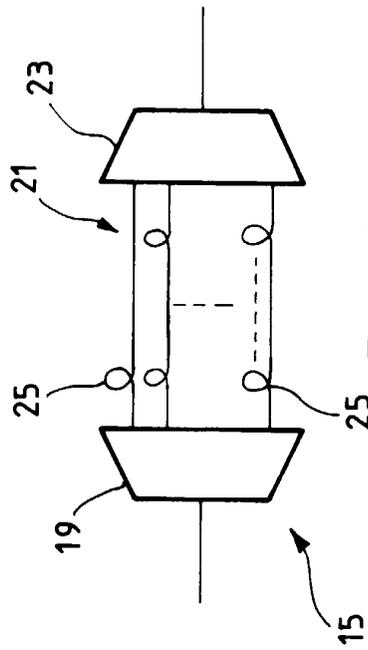
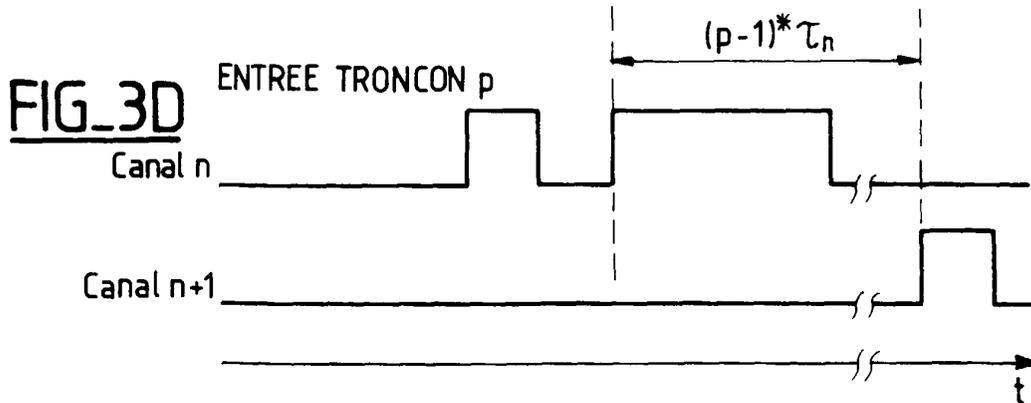
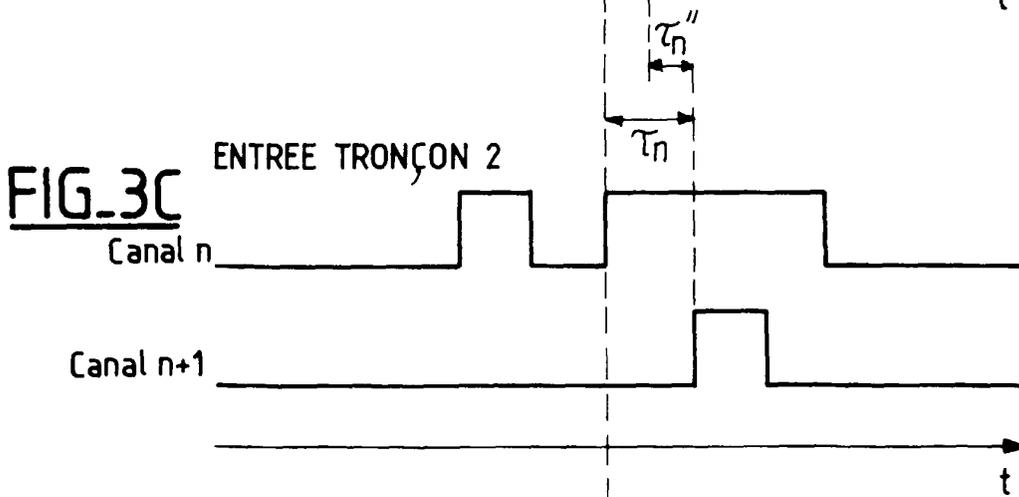
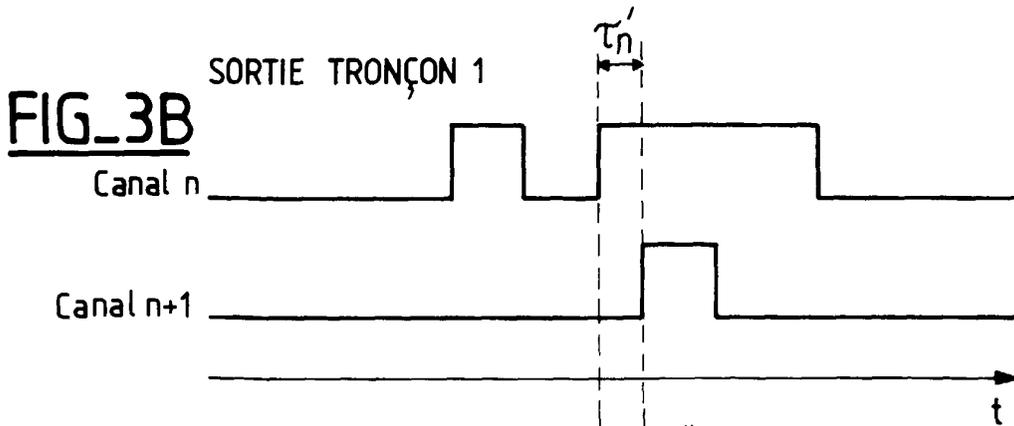
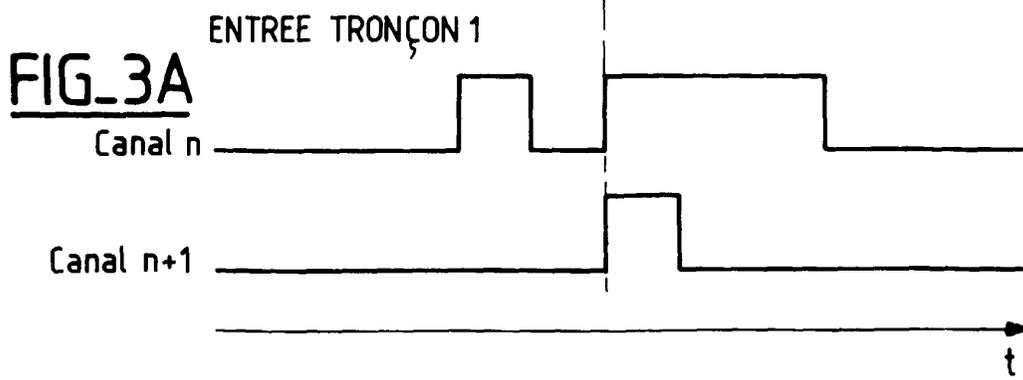
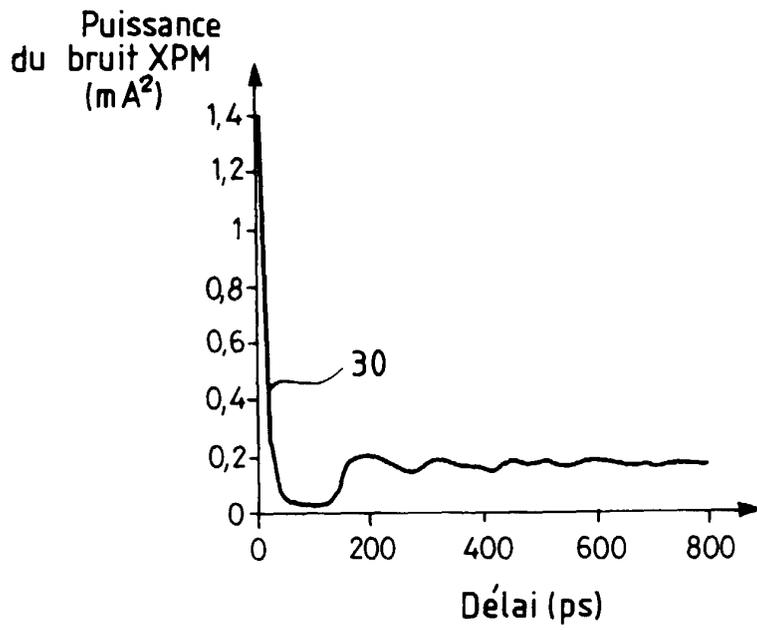
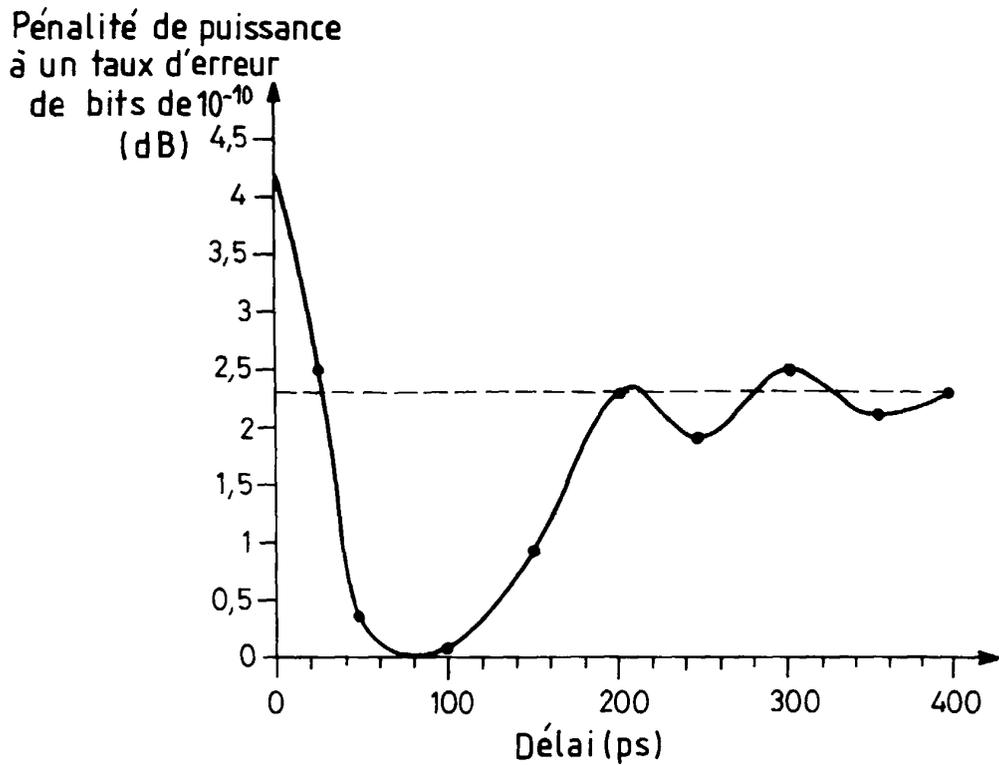


FIG-2





FIG_4



FIG_5

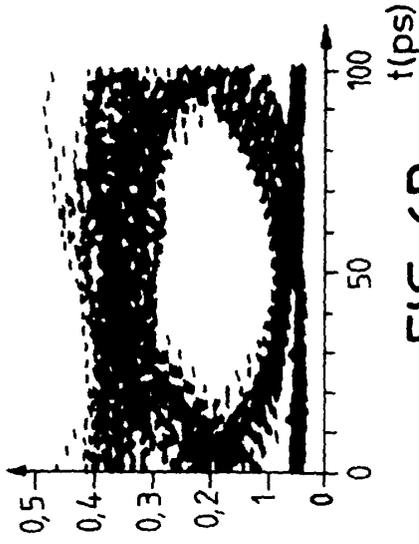


FIG-6B

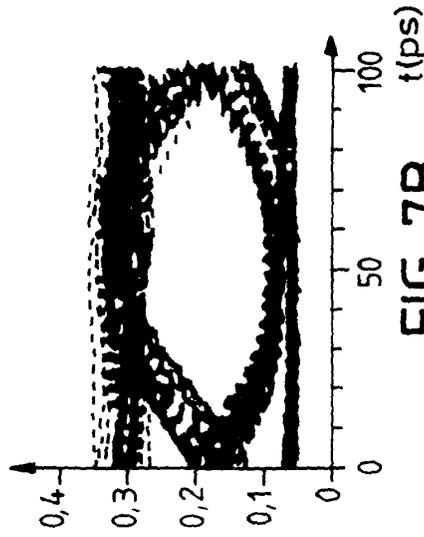


FIG-7B

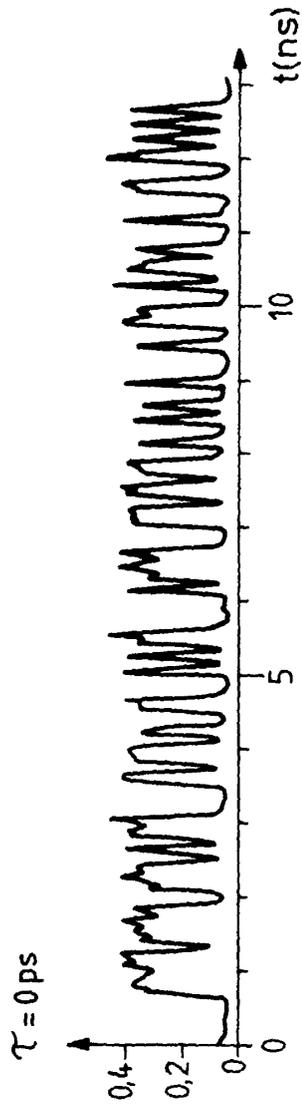


FIG-6A

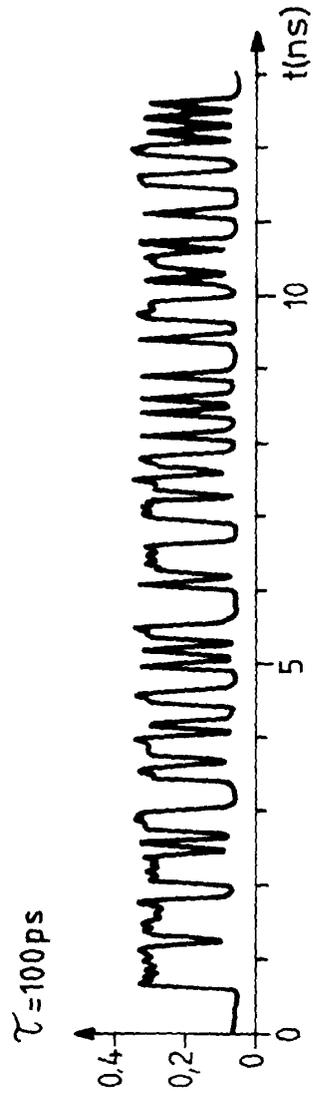
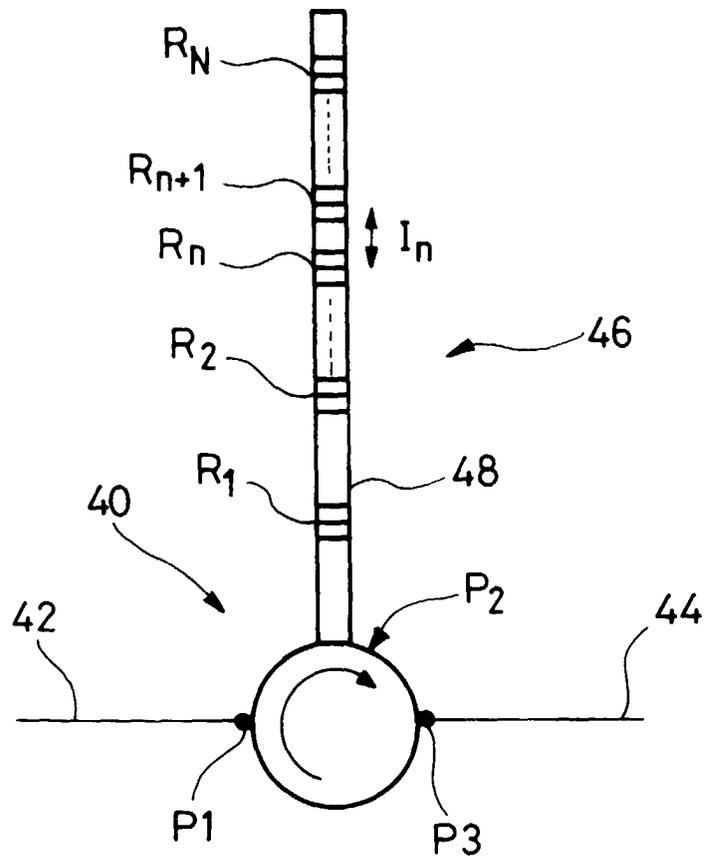


FIG-7A

FIG_8





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 3120

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	GB 2 161 612 A (STC PLC) 15 janvier 1986 (1986-01-15) * abrégé * * page 1, colonne de gauche, ligne 5 - ligne 8 * * page 1, colonne de gauche, ligne 30 - ligne 43 * * figure 4A *	1,8	H04B10/18 H04J14/02
X	EP 0 657 754 A (AT & T CORP) 14 juin 1995 (1995-06-14) * abrégé * * colonne 3, ligne 9 - ligne 50 * * colonne 5, ligne 11 - ligne 18 * * figures 2,5 *	1,7,9	
X	INOUE K: "SUPPRESSION TECHNIQUE FOR FIBER FOUR-WAVE MIXING USING OPTICAL MULTI-/DEMULTIPLEXERS AND A DELAY LINE" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, vol. 11, no. 3, 1 mars 1993 (1993-03-01), pages 455-461, XP000577337 ISSN: 0733-8724 * page 455, colonne de droite * * figure 1 *	1,7,9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) H04B H04J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 28 mars 2000	Examineur Ribbe, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1509 03.82 (F04G02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 3120

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

28-03-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2161612 A	15-01-1986	DE 3524527 A	16-01-1986
		ES 545070 D	01-01-1987
		ES 8703695 A	01-05-1987
		FR 2567655 A	17-01-1986
		JP 1804571 C	26-11-1993
		JP 5007683 B	29-01-1993
		JP 61038908 A	25-02-1986
		US 4953939 A	04-09-1990
EP 0657754 A	14-06-1995	CA 2132990 A	16-05-1995
		JP 7212304 A	11-08-1995
		US 5473719 A	05-12-1995

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82